



DEUTSCHES
PATENTAMT

②① Aktenzeichen: P 32 23 598.4-35
②② Anmeldetag: 24. 6. 82
②③ Offenlegungstag: —
②④ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 2. 5. 91

DE 32 23 598 C 1

Erteilt nach § 54 PatG in der ab 1. 1. 81 geltenden Fassung
Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

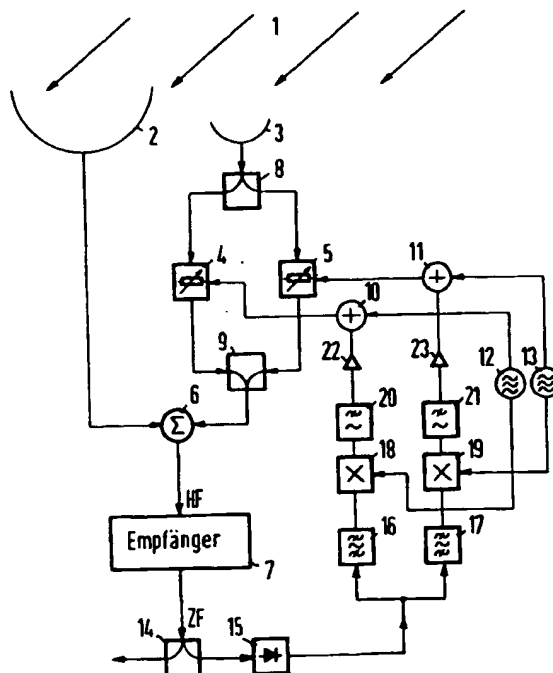
⑦③ Patentinhaber:
Siemens AG, 8000 München, DE-

⑦② Erfinder:
Eickelkamp, Rainer, Dipl.-Ing., 8031 Eichenau, DE;
Ritter, Gerhard, Dipl.-Ing., 8911 Thaining, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:
Siemens Forschungs- und Entwicklungsberichte,
Bd.6, 1977, Nr.5, S. 300-307;
Microwave Journal, Vol.21, Nr.3, März 1978, S.69-73;

⑤④ Adaptives Empfangsantennensystem

Es erfolgt eine Kompensation von Störungen, die über Nebenzipfel einer Hauptantenne (2) empfangen werden, unter Zuhilfenahme von Hilfsantennenempfangssignalen, die zu dem Hauptantennenempfangssignal addiert werden und vorher mittels gesteuerter Wichtungsstagglieder (4, 5) amplituden- und phasenmäßig geeignet eingestellt werden. Das Regelkriterium zur Ansteuerung der Wichtungsstagglieder (4, 5) wird dadurch erhalten, daß den Steuerspannungen der Stagglieder Hilfsspannungen überlagert werden. Beim Vorhandensein von Störsignalen läßt sich aus der Art der Modulation der Störsignale durch diese Hilfsspannungen die Regelablage erkennen. Dies geschieht durch einen Demodulator (15) im Zwischenfrequenzbereich und eine entsprechende Signalverarbeitung. Um bei mehreren Regelkreisen Verkopplungen zu vermeiden, müssen die Hilfsspannungen der verschiedenen Regelkreise mit Zeit-, Frequenz- oder Codierungsmultiplex betrieben werden. Im Gegensatz zu bisher bekannten adaptiven Regelschleifen ist nur ein einziger Empfangsweg bis in den Zwischenfrequenzbereich erforderlich. Die Erfindung läßt sich beim Empfänger von Radargeräten anwenden, die für den Einsatz einer störergefährdeten Umgebung vorgesehen sind.



DE 32 23 598 C 1

Die Erfindung bezieht sich auf ein adaptives Empfangsantennensystem zum Unterdrücken von aus diskreten Richtungen stammenden Störersignalen mit einer hohen Richtfaktor aufweisenden Hauptantenne, mit einer oder mehreren Hilfsantennen und mit einer oder mehreren, jeweils einer Hilfsantenne zugeordneten Kompensationsregelschleifen zur Veränderung des Hauptantennen-Nebenzipfeldiagramms, so daß dieses derart modifiziert wird, daß in Richtung der Störer ein Pegelminimum (Nullstelle) zu liegen kommt, unter Verwendung von an jede Hilfsantenne angeschlossenen, mit Hilfe von Steuerspannungen betriebenen Wichtungsgliedern zur Amplituden- und Phaseneinstellung und mit einer Summierschaltung, in der die gewichteten Hilfsantennensignale und das Hauptantennensignal addiert werden.

Es sind bereits Maßnahmen zur Verbesserung der Störfestigkeit von Funkempfangssystemen, insbesondere von Radarsystemen, gegenüber aktiven Störern bekannt, die über Nebenzipfel einer Richtantenne empfangen werden.

Beim sogenannten "Sidelobe Blanker" werden die von einer Hilfsantenne und einer Hauptantenne empfangenen Signalamplituden von zwei übereinstimmenden Empfangszügen miteinander verglichen. Ist das Signal im Hilfskanal das größere, so wird der Ausgang zur weiteren Empfangsdatenverarbeitung gesperrt und damit die Störung ausgeblendet. Es ist offensichtlich, daß bei starken CW-Signalen diese Art der Störunterdrückung problematisch wird, da der Signalfluß im Hauptantennenempfangskanal völlig unterbrochen ist. Ein derartiger "Sidelobe Blanker" ist beispielsweise in der Zeitschrift "Microwave Journal", Vol. 21, Nr. 3, März 1978, Seiten 69 bis 73 beschrieben.

Aus der Zeitschrift "Siemens Forschungs- und Entwicklungsberichte" Band 6, 1977 Nr. 5, Seiten 300 bis 307 sind Antennensysteme mit einer adaptiven räumlichen Filterung zur Unterdrückung von Störsignalen bekannt. Mit einer einzigen Hauptantenne, die als konventionelle Richtantenne ausgebildet sein kann, läßt sich ein "Sidelobe canceller-System" realisieren, bei dem zur Bildung des Schätzwertes der Störung eine oder mehrere Hilfsantennen erforderlich sind. Hierbei wird das Signal des Hilfsantennenempfangskanals, welches im wesentlichen nur aus dem Störsignal besteht, in der Amplitude und Phase so eingestellt, daß es das Störsignal im Hauptantennenempfangskanal gerade kompensiert. Den Vorgang des Einstellens des Störsignals bezeichnet man als Wichtung. Die Steuergröße für die Wichtung wird durch Korrelation des Hilfs- und Hauptkanals gewonnen. Die Korrelation erfolgt im Zwischenfrequenzbereich beispielsweise mittels Multiplizierers und einem nachfolgenden Integrator (Tiefpaß). Kritisch sind hierbei vor allem Offset-Spannungen des Multiplizierers, da sie die Wichtung verfälschen und damit die Störunterdrückung verschlechtern. Um die Offset-Probleme zu umgehen, kann man in den Regelschleifen auch mit einer zweiten Zwischenfrequenz von einigen MHz arbeiten und verwendet dann Bandpässe als Integrationsglieder. Der Vorteil der driftfreien Regelschleife wird jedoch mit einem höheren Aufwand und Dynamikproblemen erkauft.

Bei den bekannten Regelschleifen zur adaptiven Nebenzipfelsignalunterdrückung ist es somit stets erforderlich, das von einer Hilfsantenne empfangene Störsignal zumindest in den Zwischenfrequenzbereich umzusetzen. Dies erfordert zusätzlich zum Empfangskanal

des Funkempfängers einen weiteren Empfangskanal, dessen Amplituden- und Phasenverhalten mit dem des Hauptkanals möglichst gut übereinstimmen muß. Ist diese Forderung bei nur einem Hilfskanal noch mit verhältnismäßig erträglichem Aufwand zu erfüllen, so stößt man bei mehreren Hilfskanälen schnell auf technische Schwierigkeiten und Kostenprobleme, da sich die Anzahl der Hilfskanäle mit der Zahl der Regelschleifen vervielfacht.

Darüber hinaus ist der Einsatz derartiger adaptiver Empfangsantennensysteme bei Radargeräten problematisch, da sie von rundstrahlenden Hilfsantennen ausgehen. Insbesondere ergeben sich störende Effekte durch Festzeichenstörung in der Auswertung und eine Festzeichenmodulation durch die Auswertung.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein ohne Schwierigkeiten bei Radargeräten einsetzbares adaptives Empfangsantennensystem zu schaffen, bei dem lediglich ein einziger Empfangsweg bis in den Zwischenfrequenzbereich vorhanden ist.

Gemäß der Erfindung, die sich auf ein adaptives Empfangsantennensystem der eingangs genannten Art bezieht, wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß der Steuerspannung für jedes Wichtungsglied ein charakteristisches Hilfsmodulationssignal überlagert ist, daß nach der Summierschaltung vom aufaddierten und in die Zwischenfrequenzebene umgesetzten Ausgangssignal nach einer Demodulation für jede Regelschleife ein Meßsignal ausgekoppelt wird und aus der in diesem Meßsignal enthaltenen und selektierten charakteristischen Modulation die jeweilige Steuerspannung in einem Detektor durch Vergleich mit der ursprünglichen Hilfsmodulation gewonnen und über einen Tiefpaß bzw. Integrator dem jeweiligen Wichtungsglied zugeführt wird. Es wird somit nach der Erfindung ein spezielles Gradientenverfahren angewendet, bei dem der Gradient der Ausgangsleistung im Hauptantennenempfangssignal in Abhängigkeit von den Wichtungen gemessen und zur Steuerung derselben verwendet wird. Zur Bestimmung des Gradienten der Ausgangsleistung werden den Wichtungen in den Hilfskanälen die charakteristischen Hilfsmodulationssignale überlagert. Beim Vorhandensein von Störsignalen läßt sich aus der Art der Modulation der Störsignale durch diese Hilfsspannungen die Regelablage erkennen. Dies geschieht durch den Demodulator im Zwischenfrequenzbereich und die entsprechend ausgebildete Signalverarbeitung.

Um Verkopplungen der einzelnen Regelkreise zu vermeiden, sind drei Verfahren möglich, nämlich ein Zeit-, ein Frequenz- oder ein Codierungsmultiplexbetrieb der Hilfsmodulationssignale. Bei Frequenzmultiplexbetrieb ist zusätzlich ein Quadraturbetrieb oder eine getrennte Ansteuerung möglich. Der Quadraturbetrieb besteht darin, daß in den Hilfsantennenempfangszügen jeweils eine 90°-Leistungsteilereinrichtung zur Aufteilung des Hilfsantennensignals in zwei Quadraturkomponentensignale vorgesehen und in jedem dieser Signalzüge ein Wichtungsglied eingeschaltet ist, wobei jedes dieser beiden Stellglieder zu einer eigenen, in sich geschlossenen Teilregelschleife gehört, die beide ebenfalls mit unterschiedlichen charakteristischen Hilfsmodulationen betrieben werden. Die beiden Quadraturkomponentensignalezüge werden nach der Wichtung wieder zusammengefaßt.

Das ein spezielles Gradientenverfahren anwendende adaptive Antennensystem nach der Erfindung bietet verschiedene Vorteile. Die bereits erwähnten Offset-Probleme werden unkritisch, da die gesamte Verstär-

kung bei Wechselspannungen erfolgen kann.

Bei den bekannten adaptiven Regelschleifen kann — wie bereits geschildert — die Korrelation praktisch nur im Zwischenfrequenz- oder Video-Bereich durchgeführt werden, da einerseits keine brauchbaren Korrelatoren für den Hochfrequenzbereich zur Verfügung stehen, andererseits bei einer Korrelation im Hochfrequenzbereich diese zwangsläufig über die gesamte Breite der Eingangsfilter durchgeführt wird. Da die Hochfrequenz-Bandbreite zumeist bedeutend größer ist als die eigentliche Zwischenfrequenz-Nutzbandbreite, würde das Korrelationsergebnis durch frequenzbanduninteressante Einflüsse verfälscht und damit die Störunterdrückung verschlechtert werden. Bei den Regelschleifen nach dem adaptiven Empfangsantennensystem nach der Erfindung kann dagegen die Steuerungsgröße für die Wichtung im Zwischenfrequenz-Bereich gewonnen werden, während die Wichtung selbst auf der Hochfrequenzseite erfolgt. Hierdurch entfällt der weitere Hilfsantennenempfangskanal mit seinen Gleichlauf- und Dynamikproblemen. Das Störsignal wird eliminiert, bevor es den Empfangskanal durchläuft. Der Dynamikbereich wird dadurch entscheidend verbessert. Das Signal/Rausch-Verhalten des Empfängers wird nicht durch Rauschen des Hilfskanals verschlechtert.

Die Durchführung der Störkompensation im Hochfrequenz-Bereich gemäß dem adaptiven Empfangsantennensystem nach der Erfindung bringt außerdem den Vorteil, daß eine einfache Nachrüstung bestehender Anlagen möglich ist.

Bei Rundsuchradaranwendungen lassen sich durch Abspeichern der Einstellwert für die einzelnen Störerrichtungen und Verwendung dieser Werte als Anfangswerte für den nächsten Umlauf bei quasistatischer Störumgebung Verbesserungen der Einstellzeiten erzielen.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von zwei, in jeweils einer Figur dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Es zeigt

Fig. 1 das Blockschaltbild eines adaptiven Empfangsantennensystems nach der Erfindung mit einer analogen Regelschleife, und

Fig. 2 das Blockschaltbild eines adaptiven Empfangsantennensystems nach der Erfindung mit einer digitalen Regelschleife.

Bei dem in Fig. 1 dargestellten adaptiven Empfangsantennensystem wird ein Störsignal 1 von einer Radarantenne 2 über Nebenzipfel und von einer zusätzlichen Hilfsantenne 3 empfangen. Das Signal der Hilfsantenne 3 wird mittels zweier Wichtungsgliedern 4 und 5 in der Amplitude und Phase so eingestellt, daß es am Summationspunkt am Ausgang einer Summierschaltung 6 das Störsignal der Hauptantenne 2 gerade kompensiert. Die Hilfsantenne 3 weist vorzugsweise in der Hauptstrahlrichtung der Hauptantenne 2 eine Nullstelle im Strahlungsdiagramm auf. Die Betrachtungen in diesem Zusammenhang gelten nicht nur für eine einzige Hilfsantenne 3, sondern auch für mehrere solche Hilfsantennen, mit denen sich dann auch entsprechend mehr Störersignale unterdrücken lassen. Unter der Voraussetzung, daß die mittlere Nutzsignalleistung gegenüber der Störleistung zu vernachlässigen ist, kann die nach der Kompensation im Anschluß an einen Radar-Empfangszug 7 im Zwischenfrequenz-Kanal verbliebene Störleistung als Regelkriterium für die Amplituden- und Phaseneinstellung des Hilfsantennenzweiges herangezogen werden. Bei der Realisierung einer derartigen Regelschleife wird das Signal der Hilfsantenne 3 in

zweckmäßiger Weise durch einen 90°-Hybrid 8 in zwei Quadraturkomponenten aufgespalten. Das Signal des Hilfsantennenzweiges wird dann durch die zwei gleich ausgebildeten Wichtungsgliedern 4 und 5, beispielsweise Dämpfungsglieder, und zwei voneinander unabhängige Regelschleifen in Amplitude und Phase beeinflusst. Die beiden unterschiedlich gewichteten Quadraturkomponenten werden dann in einem Koppler 9 wieder zusammengefaßt.

Zur Gewinnung der Regelkriterien werden den Steuerspannungen der beiden Wichtungsgliedern 4 und 5 in zwei Modulatoren 10 und 11 Hilfsfrequenzen überlagert, die durch Amplitudendemodulation eines dem Zwischenfrequenz-Kanal entnommenen Meßsignals wiedergewonnen werden. Die beiden Hilfsfrequenzen stammen aus zwei mit unterschiedlichen Frequenzen schwingenden Oszillatoren 12 und 13. Die Schwingungsfrequenzen dieser beiden Oszillatoren 12 und 13 betragen beispielsweise 50 und 70 kHz. Das als Meßsignal dienende Zwischenfrequenz-Signal des Empfängers 7 wird über einen 3-dB-Koppler 14 einem Amplitudendemodulator 15 zugeführt. Am Ausgang des Demodulators 15, der in vorteilhafter Weise eine logarithmische Charakteristik aufweist, stehen die beiden Hilfsfrequenzen von beispielsweise 50 und 70 kHz zur Verfügung. In zwei sich anschließenden Filtern 16 bzw. 17 werden die Hilfsfrequenzen ausgefiltert und anschließend zwei Phasendetektoren 18 bzw. 19 zugeführt. Die beiden Phasendetektoren 18 und 19 werden außerdem von den beiden Oszillatoren 12 bzw. 13 angesteuert. Den beiden Phasendetektoren 18 und 19 werden die Steuerspannungen zur Einstellung der Wichtungsgliedern 4 bzw. 5 entnommen. Vor der Eingabe in die beiden Wichtungsgliedern 4 und 5 werden die beiden Steuerspannungen über ein Tiefpaßglied 20 bzw. 21 und Verstärker 22 bzw. 23 geführt und anschließend den beiden Modulatoren 10 bzw. 11 eingegeben. Die Richtung, in der die Regelschleifen zur Erreichung maximaler Kompensation arbeiten müssen, d. h. ob die Dämpfung der Wichtungsgliedern 4 und 5 der entsprechenden Quadraturkomponente erhöht oder erniedrigt werden muß, ergibt sich aus der Phasenlage der niederfrequenten Hilfsfrequenzen an den Eingängen der Phasendetektoren 18 und 19. Beim Wechsel von Unter- zu überkompensation springt die Phase um 180° und verursacht dadurch einen Polaritätswechsel der Steuerspannungen an den Wichtungsgliedern 4 und 5.

Bei vollständiger Kompensation des Störers wird die Störleistung zu Null, ebenso das niederfrequente Ausgangssignal des Demodulators 15. Bei unvollständiger Kompensation liefern die Tiefpässe 20 und 21 an den Ausgängen der Detektoren 18 bzw. 19 Gleichspannungen, die die Wichtungen so einstellen, daß die Störleistung im Hauptantennenkanal ein Minimum wird.

Fig. 2 zeigt in einem Blockschaltbild das Prinzip eines adaptiven Empfangsantennensystems mit einer digital arbeitenden Regelschleife. Gegenüber der anhand von Fig. 1 beschriebenen analogen Regelung weist eine im Niederfrequenz-Teil digital ausgeführte Regelschleife mehrere wesentliche Vorteile auf. Eine ausgetestete digitale Baugruppe ist jederzeit reproduzierbar. Es entfallen Abgleichvorgänge. Probleme durch Bauteiltoleranzen sind minimal. Der zulässige Arbeitstemperaturbereich kann erweitert werden. Es entsteht kein temperaturabhängiger Offset wie bei analogen integrierten Schaltkreisen. Außerdem ist eine digitale Baugruppe mit weniger Schwierigkeiten zu testen. Darüber hinaus läßt sich der Einsatz eines Mikroprozessors z. B. zur

Schleifenüberwachung oder zur Änderung der Regelcharakteristik einfach bewerkstelligen, da die benötigten Daten schon in digitaler Form vorliegen. Die Realisierung einer "intelligenten" Regelschleife ist möglich.

Der die Hochfrequenzsignale verarbeitende Teil der Schaltung nach Fig. 2 ist gegenüber der in Fig. 2 dargestellten Schaltung mit der analogen Regelschleife im Prinzip unverändert. Ein einfallendes Störsignal 24 wird auch hier von einer Hauptantenne 25, z. B. einer Radarantenne, über Nebenzipfel und von einer zusätzlichen Hilfsantenne 26 empfangen. Das Signal der Hilfsantenne 26 soll in der Amplitude und Phase so eingestellt werden, daß es am Summationspunkt am Ausgang einer Summierschaltung 27 das Störsignal der Hauptantenne 25 gerade kompensiert. Unter der Voraussetzung, daß die mittlere Nutzsignalleistung gegenüber der Störleistung zu vernachlässigen ist, kann die nach der Kompensation im Zwischenfrequenz-Kanal des Empfängers 28 verbliebene Störleistung als Regelkriterium für die Amplituden- und Phaseeinstellung des Hilfsantennenzweiges herangezogen werden. Auch hierbei wird das Signal des Hilfsantennenzweiges aufgespalten. Es wird dann durch zwei identische Wichtungsstellglieder 30 und 31 und zwei voneinander unabhängige Regelschleifen in Amplitude und Phase beeinflußt. Die Quadraturkomponentensignale werden auch hier durch einen Koppler 32 wieder zusammengefaßt und der Summierschaltung 27 eingegeben. Aus dem Zwischenfrequenz-Ausgangssignal des Empfängers 28 wird in einem Richtkoppler 33 eine Meßspannung ausgekoppelt.

Bei der in Fig. 2 dargestellten digitalen Regelschleife werden die Wichtungsstellglieder 30 und 31 mit speziellen binären Codes amplitudenmoduliert. Da die Quadraturkomponenten des Hochfrequenz-Signals unabhängig voneinander geregelt werden müssen, ist es erforderlich, daß die Kreuzkorrelation dieser Codes Null ist. Die Codes werden in einem Codegenerator 48 erzeugt. Im folgenden wird die Funktionsweise der digitalen Regelschleife nach Fig. 2 beschrieben.

Es wird angenommen, daß von der Hauptantenne 25 und der Hilfsantenne 26 ein CW-Signal mit unterschiedlicher Amplitude empfangen wird. Am Ausgang der Summierschaltung 27 erscheint dann das nach der Kompensation verbliebene binär modulierte Störsignal. Dies wird vom Empfänger 28 in die Zwischenfrequenz-Lage umgesetzt. Das Meßsignal wird nach der Auskopplung im Richtkoppler 33 in einem Demodulator 34 mit automatischer Verstärkungsregelung (AGC) zur Erzielung eines möglichst großen Dynamikbereiches im Pegel angehoben und demoduliert. Am Eingang eines Analog/Digital-Wandlers 35 steht dann eine vom Störpegel abhängige Gleichspannung mit überlagertem Modulationscode. In einem digitalen Phasendetektor 36, bestehend aus einem Addierwerk 37 und einem Speicher 38, werden die vom Analog/Digital-Wandler 35 übernommenen Werte mit dem vom Code vorgegebenen Vorzeichen addiert bzw. subtrahiert. Wird der Speicher 38 zu Beginn jeder Codeperiode auf Null gesetzt, so steht an ihrem Ende im Speicher 38 ein vom Störpegel abhängiger Wert, dessen Vorzeichen bei Überkompensation positiv und bei Unterkompensation negativ ist. Dieses Vorzeichen bestimmt nun in einem digitalen Tiefpaß 39, wiederum bestehend aus einem Addierwerk 40 mit saldierendem Speicher 41, ob der Speicherinhalt vergrößert oder verkleinert wird. Der Speicherinhalt wird durch einen Digital/Analog-Wandler 42 in eine analoge Spannung umgeformt, die das entsprechende Wichtungsstellglied 30 bzw. 31 (im dargestellten Beispiel das

Stellglied 31) steuert. Inwieweit der Speicherinhalt des Tiefpasses 39 verändert wird, bestimmt ein PROM 43 im Tiefpaß 39. Dieser PROM 43 wird durch eine Baugruppe "Kennlinie" 44 adressiert, welche durch einen Zähler 47 realisiert wird.

Da vom Phasendetektor 36 allein das Vorzeichen ausgewertet wird, ist es erforderlich, den Inhalt des Tiefpaßspeichers 41 in Abhängigkeit von der Güte der erreichten Störunterdrückung zu ändern. Würde der Speicherinhalt immer um einen konstanten Betrag erhöht oder erniedrigt, so würde dies entweder zu untragbar langen Einschwingzeiten führen oder bei grober Quantisierung zu verminderter Störreduktion. Dieses Problem wird durch die Baugruppe "Kennlinie" 44 gelöst.

Dem Ausgangssignal des Digital/Analog-Wandlers 42 wird in einem Addierer 49 das Ausgangssignal des die Binär-Codes (codierte Amplitudenmodulation) erzeugenden Codegenerators 48 überlagert. Die Ausgangsspannung des Addierers 49 wird über ein Ansteuerungsglied 45 dem Wichtungsstellglied 31 als Steuerspannung zur Einstellung der Wichtung zugeführt. Im Codegenerator 48 werden außerdem die verschiedenen Takte für die einzelnen digitalen Bausteine erzeugt. Zwischen dem Ausgang des Codegenerators 48 und dem Eingang des Phasendetektors 36 am Addierwerk 37 ist zum Ausgleich von Laufzeiten noch eine Verzögerungsschaltung 46 zwischengeschaltet.

Die Hilfsantennen sind in allen Ausführungsformen zweckmäßig so ausgebildet, daß sie in ihrem Strahlungsdiagramm ein Pegelminimum (Nullstelle) in der Hauptstrahlrichtung der Hauptantenne aufweisen. Eine Hilfsantenne läßt sich beispielsweise aus zwei Strahlern zusammensetzen, die über ein 180°-Hybrid in Differenzschaltung betrieben sind und somit ein auf die Hauptstrahlrichtung der Hauptantenne auszurichtendes Pegelminimum erzeugen.

Die Anzahl der Hilfsantennen und somit der Regelschleifen ist so zu bemessen, daß sie der Zahl der empfangssignalmäßig zu unterdrückenden Störsignalquellen entspricht.

Ist die Hauptantenne des adaptiven Antennensystems eine Rundsuchradarantenne, so lassen sich die Hilfsantennen beispielsweise an deren Reflektor anbringen, wie dies aus der DE-PS 26 50 547 an sich bekannt ist.

Patentansprüche

1. Adaptives Empfangsantennensystem zum Unterdrücken von aus diskreten Richtungen stammenden Störsignalen mit einer einen hohen Richtfaktor aufweisenden Hauptantenne, mit einer oder mehreren Hilfsantennen und mit einer oder mehreren, jeweils einer Hilfsantenne zugeordneten Kompensationsregelschleifen zur Veränderung des Hauptantennen-Nebenzipfelendiagramms, so daß dieses derart modifiziert wird, daß in Richtung der Störer ein Pegelminimum (Nullstelle) zu liegen kommt, unter Verwendung von an jede Hilfsantenne angeschlossenen, mit Hilfe von Steuerspannungen betriebenen Wichtungsstellgliedern zur Amplituden- und Phaseeinstellung und mit einer Summierschaltung, in der die gewichteten Hilfsantennensignale und das Hauptantennensignal addiert werden, dadurch gekennzeichnet, daß der Steuerspannung für jedes Wichtungsstellglied (4, 5) ein charakteristisches Hilfsmodulationssignal überlagert ist, daß nach der Summierschaltung (6) vom aufaddierten und in die Zwischenfrequenzebene

umgesetzten Ausgangssignal nach einer Demodulation für jede Regelschleife ein Meßsignal gekoppelt wird und aus der in diesem Meßsignal enthaltenen und selektierten charakteristischen Modulation die jeweilige Steuerspannung in einem Detektor (18, 19) durch Vergleich mit der ursprünglichen Hilfsmodulation gewonnen und über einen Tiefpaß (20, 21) bzw. Integrator dem jeweiligen Wichtungsstellglied (4, 5) zugeführt wird.

2. Adaptives Empfangsantennensystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Hilfsmodulationssignale für die verschiedenen Regelschleifen zeitlich entsprechend einem Zeitmultiplexbetrieb versetzt sind.

3. Adaptives Empfangsantennensystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Hilfsmodulationssignale für die verschiedenen Regelschleifen unterschiedliche Frequenzen entsprechend einem Frequenzmultiplexbetrieb aufweisen.

4. Adaptives Empfangsantennensystem nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils zwei Regelschleifen mit gleicher Hilfsmodulationsfrequenz, jedoch mit 90° Phasenunterschied, beaufschlagt werden.

5. Adaptives Empfangsantennensystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Hilfsmodulationssignale für die einzelnen Regelschleifen unterschiedlich entsprechend einem Codemultiplexbetrieb codiert sind.

6. Adaptives Empfangsantennensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in den Hilfsantennenempfangszügen jeweils eine 90°-Leistungsteilereinrichtung (8) zur Aufteilung des Hilfsantennensignals in zwei Quadraturkomponentensignale vorgesehen ist, daß in jedem der beiden Quadraturkomponentensignalzüge ein Wichtungsstellglied (4, 5) eingeschaltet ist, daß jedes dieser beiden Wichtungsstellglieder (4, 5) zu einer eigenen Teilregelschleife gehört, daß diese beiden Teilregelschleifen ebenfalls mit unterschiedlichen charakteristischen Hilfsmodulationen betrieben werden und daß die beiden Quadraturkomponentensignalzüge nach der Wichtung wieder zusammengefaßt werden.

7. Adaptives Empfangsantennensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Detektor (18, 19) ein Phasendetektor ist.

8. Adaptives Empfangsantennensystem nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelschleifen mit binär codierten Hilfsmodulationssignalen arbeiten, die von einem Codegenerator (48) ausgegeben werden und die jeweiligen Wichtungsstellglieder (30, 31) binär gesteuert einstellen, daß die Codes der Regelschleifen und gegebenenfalls auch der Teilregelschleifen von jeweils zwei zusammengehörenden Quadraturkomponentensignalzügen so ausgewählt sind, daß ihre Kreuzkorrelation Null ist, daß die Regelschleife im niederfrequenten Bereich vom Phasendetektor (36) bis zum Tiefpaß (39) mit digitalen, ebenfalls vom Codegenerator (48) gesteuerten Schaltungen versehen ist und daß deswegen vor dem digitalen Phasendetektor (36) ein Analog/Digital-Wandler (35) und nach dem digitalen Tiefpaß (39) ein Digital/Analog-Wandler (42) angeordnet ist.

9. Adaptives Empfangsantennensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekenn-

zeichnet, daß die Hilfsantennen (3) so ausgebildet sind, daß sie in ihrem Strahlungsdiagramm ein Pegelminimum (Nullstelle) in der Hauptstrahlrichtung der Hauptantenne (2) aufweisen.

10. Adaptives Empfangsantennensystem nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Hilfsantennen (3) jeweils aus zwei Strahlern zusammengesetzt sind, die über ein 180°-Hybrid in Differenzschaltung betrieben sind und somit ein auf die Hauptstrahlrichtung der Hauptantenne auszurichtendes Pegelminimum erzeugen.

11. Adaptives Empfangsantennensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Hauptantenne (2) eine Rundsuchradarantenne ist.

12. Adaptives Empfangsantennensystem nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß an der Rundsuchradarantenne (2), beispielsweise an deren Reflektor, die Hilfsantennen (3) angebracht sind.

13. Adaptives Empfangsantennensystem nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß bei Rundsuchradaranwendung die Steuerspannungswerte zur Einstellung der Wichtungsstellglieder (4, 5) für die einzelnen Störerrichtungen in einem Speicher abgespeichert werden und daß diese Werte bei quasistatischer Störumgebung als Anfangswerte für den nächsten Antennenumlauf verwendet werden.

14. Adaptives Empfangsantennensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine zur Demodulation des Ausgangssignals vorgesehene Einrichtung (15) eine logarithmische Charakteristik aufweist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

FIG 1

